

УДК 629.113

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА
В ПРОГРАММНОМ ПАКЕТЕ CARSIM
VISUALIZATION OF VEHICLE MOVEMENT IN THE CARSIM
SOFTWARE PACKAGE

А.Н. Ефименко, канд. техн. наук, доц.,
Д.Л. Мойся, канд. техн. наук, доц.,
А.С. Маренич, асс., Я.А. Ильинов, студ.,
Донецкая академия транспорта, г. Донецк, Украина
A. Yefymenko, Ph.D. in Engineering, Associate Professor,
D. Moisia, Ph.D. in Engineering, Associate Professor,
A. Marenich, Assistant, Y. Ilinov, Student
Donetsk Academy of Transport, Donetsk, Ukraine

Аннотация. Выполнен анализ функциональных возможностей программного пакета CarSim. Смоделировано движение транспортного средства, в программном пакете, по заданной траектории движения (участок улично-дорожной сети г. Донецка). Определена безопасная скорость движения автомобиля по заданной траектории.

Abstract. The analysis of functionality of the software package CarSim is made. The movement of the vehicle is simulated, in a software package, on the set trajectory of movement (a section of a street and road network of Donetsk). The safe speed of movement of car on the set trajectory is defined.

Ключевые слова: безопасность дорожного движения, автомобиль, моделирование, траектория движения, безопасная скорость

Key words: road safety, car, motion, trajectory of movement, safe speed

ВВЕДЕНИЕ

Увеличение числа автомобилей и улучшение их эксплуатационных свойств, приводит к повышению скорости и интенсивности движения, плотности транспортных потоков, что отрицательно сказыва-

Секция «КОНСТРУИРОВАНИЕ, ИСПЫТАНИЯ И ПРОИЗВОДСТВО АВТОМОБИЛЕЙ»

ется на уровне безопасности движения. Согласно существующей статистке [1], основными причинами ДТП является несоблюдение скоростного режима и правил обгона; управление ТС в нетрезвом состоянии; выезд на полосу встречного движения; неправильный выбор дистанции и др. Выше перечисленные причины ДТП можно отнести к элементу «водитель» системы ВАД (водитель-автомобиль-дорога), т.к. они происходят по проявлению человеческого фактора. Но, нельзя оставлять без внимания и другие составляющие системы «дорога» и «автомобиль», т.к. они имеют огромное влияние на масштабы ДТП и их последствия [2,3].

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

Одним из направлений обеспечения безопасности движения ТС является разработка и внедрение современных систем безопасности транспортных средств, позволяющих обеспечить высочайший уровень безопасности движения. Визуализацию упомянутых улучшений можно увидеть не только «вживую», но и в программном пакете CarSim [4], который позволяет смоделировать движение транспортного средства при различных дорожных условиях, тем самым определить вероятность ДТП.

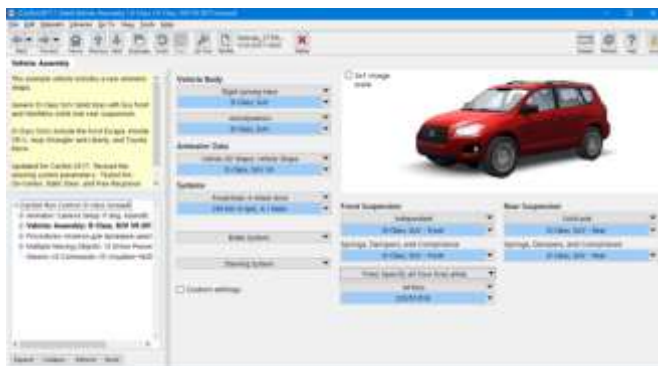


Рисунок 1 – Выбор технических характеристик ТС в программном пакете CarSim

*Секция «КОНСТРУИРОВАНИЕ, ИСПЫТАНИЯ И ПРОИЗВОДСТВО
АВТОМОБИЛЕЙ»*

Целью исследования является определение безопасной скорости движения транспортного средства по заданной траектории, посредством моделирования в программном пакете CarSim.

При составлении алгоритма моделирования была выбрана модель автомобиля SUV V9 (рисунок 1), конструкцию которого можно изменить в ходе исследования (тип привода).

Технические характеристики автомобиля представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики исследуемого автомобиля

Тип автомобиля	Кроссовер SUV V9
Габаритные размеры, д×ш×в, мм	2650×1820×1679
Колея автомобиля, мм	1565
Масса автомобиля, кг	1530
Тип привода	Передний/задний/полный
Мощность двигателя, kW	200
Шины	235/55 R18
Фронтальная площадь, м ²	2.8
Коробка передач	Механическая, 6 ступенчатая

Для детального анализа движения автомобиля, на рассматриваемом участке дороги (рисунок 2а), необходимо определить параметры траектории движения, которые запрашиваются в программном пакете CarSim, одним из которых является длина исследуемого участка $L_{\Sigma AH}$ состоящая из прямолинейных участков $L_{S_{ii}}$ и участков с закруглениями $L_{C_{ii}}$.

Длина прямолинейных участков траектории движения автомобиля ($L_{S_{AB}}, L_{S_{CD}}, L_{S_{EF}}, L_{S_{GH}}$), величины радиусов R_n и углов поворотов α_n дороги определены линейно при построении исследуемого участка в программном комплексе Компас-3D (рисунок 2б).

Для определения длины участков с поворотами $L_{C_{ii}}$ используем формулу (1)

$$L_{C_{ii}} = \frac{\pi \cdot R_n \cdot \alpha_n}{180}, \text{ м} \quad (1)$$

где R_n – радиус поворота дороги, м; α_n – угол поворота дороги, град.

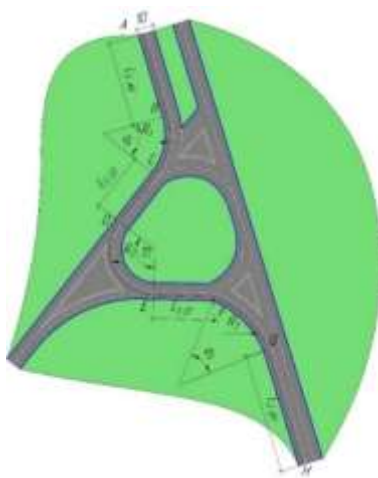
Протяженность участка $L_{C_{BC}}$ с поворотом:

Секция «КОНСТРУИРОВАНИЕ, ИСПЫТАНИЯ И ПРОИЗВОДСТВО
АВТОМОБИЛЕЙ»

$$L_{C BC} = \frac{\pi \cdot R_1 \cdot a_1}{180} = \frac{3,14 \cdot 39,5 \cdot 54,16}{180} = 37,3 \text{ м.}$$



а)



б)

Рисунок 2 – Исследуемый участок дороги:
а) снимок с карты Yandex; б) программный комплекс Компас-3D

Протяженность участка $L_{C DE}$ с поворотом:

$$L_{C DE} = \frac{\pi \cdot R_2 \cdot a_2}{180} = \frac{3,14 \cdot 27,5 \cdot 126}{180} = 60,5 \text{ м.}$$

Протяженность участка $L_{C FG}$ с поворотом:

$$L_{C FG} = \frac{\pi \cdot R_3 \cdot a_3}{180} = \frac{3,14 \cdot 57,8 \cdot 45,5}{180} = 45,9 \text{ м.}$$

Определим длину $L_{\Sigma AH}$ исследуемого участка дороги:

$$L_{\Sigma AH} = L_{S ii} + L_{C ii} \quad , (2)$$

$$L_{\Sigma AH} = 51,5 + 37,3 + 35,4 + 60,5 + 36,7 + 45,9 + 70 = 337,3 \text{ м.}$$

*Секция «КОНСТРУИРОВАНИЕ, ИСПЫТАНИЯ И ПРОИЗВОДСТВО
АВТОМОБИЛЕЙ»*

В ходе последовательного ввода данных в программный пакет CarSim были внесены параметры траектории движения автомобиля, принят тип дорожного покрытия - сухой асфальтобетон с коэффициентом сцепления 0,85 (рисунок. 3).

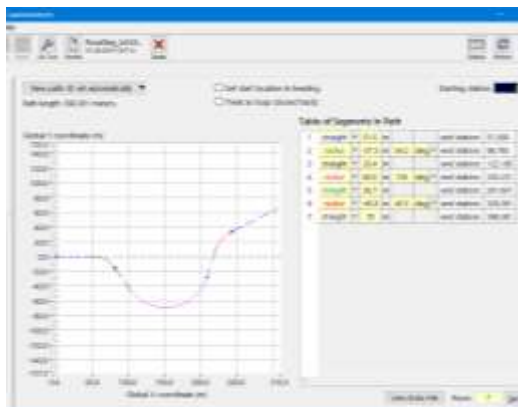


Рисунок 3 – Построение траектории движения автомобиля в CarSim

Для определения безопасной скорости движения автомобиля, при вхождении в поворот, было выполнено моделирование движения ТС с варьированием скорости от 50 км/ч до 65 км/ч (таблица 2). Одним из показателей устойчивости автомобиля был рассмотрен угол крена кузова $\psi_{кр}$ [5, 6].

Таблица 2 – Определение безопасной скорости движения автомобиля относительно угла крена кузова $\psi_{кр}$

Ско рость V, км/ч	Передний привод ТС			Задний привод ТС			Полный привод ТС		
	Участки траектории			Участки траектории			Участки траектории		
	L _{C BC}	L _{C DE}	L _{C FG}	L _{C BC}	L _{C DE}	L _{C FG}	L _{C BC}	L _{C DE}	L _{C FG}
	$\psi_{кр}$	$\psi_{кр}$	$\psi_{кр}$	$\psi_{кр}$	$\psi_{кр}$	$\psi_{кр}$	$\psi_{кр}$	$\psi_{кр}$	$\psi_{кр}$
50	-2,05	1,25	-1,66	-2,01	1,26	-1,63	-2,04	1,26	-1,65
60	-2,73	1,82	-2,39	-2,66	1,85	-2,33	-2,72	1,84	2,37
62	-2,75	1,94	-2,52	-2,66	2,18	-2,46	-2,74	1,96	-2,5
63	-2,75	2	-2,57	-2,66	Занос		-2,74	2,02	-2,56
65	-2,75	2,09	-2,66	-2,66	Занос		-2,74	2,13	-2,65

Секция «КОНСТРУИРОВАНИЕ, ИСПЫТАНИЯ И ПРОИЗВОДСТВО АВТОМОБИЛЕЙ»

Основываясь на полученных сведениях можно сделать вывод, что автомобиль с передним и полным приводом при скорости движения 63 км/ч устойчиво движется по заданной траектории в отличие от заднеприводного, который теряет устойчивость после прохождения прямолинейного участка $L_{s\ CD}$ (рисунок 4).

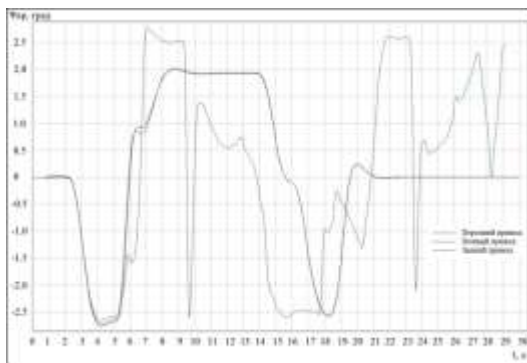


Рисунок 4 – Зависимость угла крена кузова автомобиля $\psi_{кр}$ от времени t , при скорости 63 км/ч

Более развернутый анализ движения автомобиля, можно выполнить благодаря графическим зависимостям, представленным в программном пакете CarSim (рисунок 5)

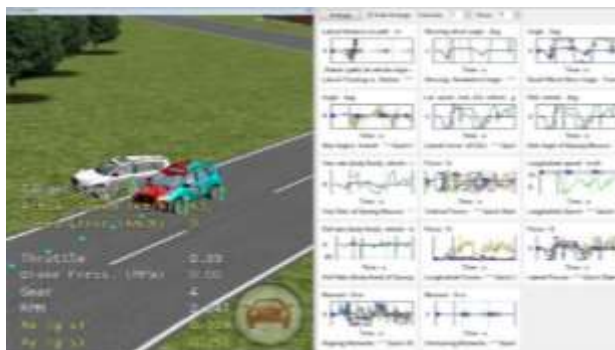


Рисунок 5 – Графическая визуализация движения автомобиля со скоростью 63 км/ч, в программном пакете CarSim

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполненного исследования была определена безопасная скорость движения автомобиля, по заданной траектории в программном пакете CarSim, которая составила 62 км/ч для автомобиля с задним приводом. Транспортные средства, оснащенные другим типом привода, продолжили движение по смоделированной траектории не потеряв устойчивость.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рейтинг главных причин ДТП. [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа: <http://autolirika.ru/interesnoe/rejting-glavnyh-prichin-dtp.html>.
2. Ефименко А.Н. Анализ программных пакетов для моделирования движения транспортных средств / А.Н. Ефименко, Я.А. Ильинов // Автомобиле- и тракторостроение. Материалы Международной научно-практической конференции «Автомобиле- и тракторостроение», 14-18 мая 2018 года. Минск: БНТУ, 2018. – С. 66.
3. Ефименко А.Н. Анализ функциональных возможностей программного пакета CarSim / А.Н. Ефименко, Д.Л. Мойся, А.С. Маренич, Я.А. Ильинов // Материалы VII-ой международной научно-практической интернет-конференции «Проблемы и перспективы развития автомобильного транспорта». – Винница: ВНТУ, 2019. – С. 38
4. CarSim Mechanical Simulation. [Электронный ресурс]. – 2018. – Режим доступа: <http://www.carsim.com/products/carsim/index.php>.
5. Сахно В.П. До питання оцінки крену монорейкового вагона та перерозподілу реакцій опор у криволінійних ділянках руху / В.П. Сахно, А.М. Єфименко // Автошляховик України – № 1-2, 2017. – С.16-20.
6. Juraj Gerlici. The stability analysis of two-wheeled vehicle model / Juraj Gerlici, Vladimir Sakhno, Alla Yefymenko, Vladimir Verbitskii // MATEC Web of Conferences. Volume 157 (2018). Machine Modelling and Simulations 2017 (MMS 2017). Sklené Teplice, Slovak Republic, September 5–8, 2017; available at: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201815701007>.

Представлено 17.04.19